PHYSIOLOGISCHE EN PATHOLOGISCHE AANTEEKENINGEN VAN GEMENGDEN AARD,

DOOR

D[r]. DONDERS.



De bewegingen van het menschelijk oog.

De werking en verrigting der oogspieren behoort tot die onderwerpen, welke door de physiologen ten allen tijde met ijver en eene zekere voorliefde zijn behandeld, en deze ijver vond in de voor eenige jaren zooveel gerucht makende operatiën tegen het scheelzien en de bijziendheid overvloedig voedsel. Ruete zegt te regt, dat geen onderwerp in de physiologie der zintuigen van een zoo hoog en veelzijdig gewigt is, zoo wel voor den theoreticus als practicus, als het onderzoek naar de bewegingen van het menschelijk oog. Ik zou mij hierom welligt reeds niet hebben te verontschuldigen, wanneer ik in korte trekken ook slechts het standpunt trachtte te schetsen, waartoe dit leerstuk thans gebragt is. Wat mij echter meer bijzonder noopte dit onderwerp te behandelen, was vooreerst de moeite, die ik zelf ondervond, om mij hetzelve regt klaar en duidelijk te maken, in de tweede plaats het verlangen, eene proeve te wagen, om het, langs den voor mij zelf ge-

volgden weg, met die klaarheid en juistheid uit een te zetten, welke een dergelijk onderwerp dringend vordert, en eindelijk vooral de door mij gedane proeven, om tot eene meer naauwkeurige kennis der draaijing van het oog om de gezigtsas te geraken.

Ik heb mij vooral op beknoptheid bevlijtigd, en mij van onnoodige breedvoerige verklaringen onthouden; de duidelijkheid zal er, naar ik vertrouw, niet door lijden, wanneer diegenen, welke zich met dergelijke onderwerpen weinig bezig hielden, zich de moeite willen geven, over sommige stellingen een oogenblik na te denken.

Wij hebben te onderzoeken:

1°. *Welke de werking der oogspieren, uit een zuiver werktuigelijk oogpunt beschouwd, zijn kan.*

2°. *Welke bewegingen de oogen, bij al de wijzigingen van het zien, ondergaan.*

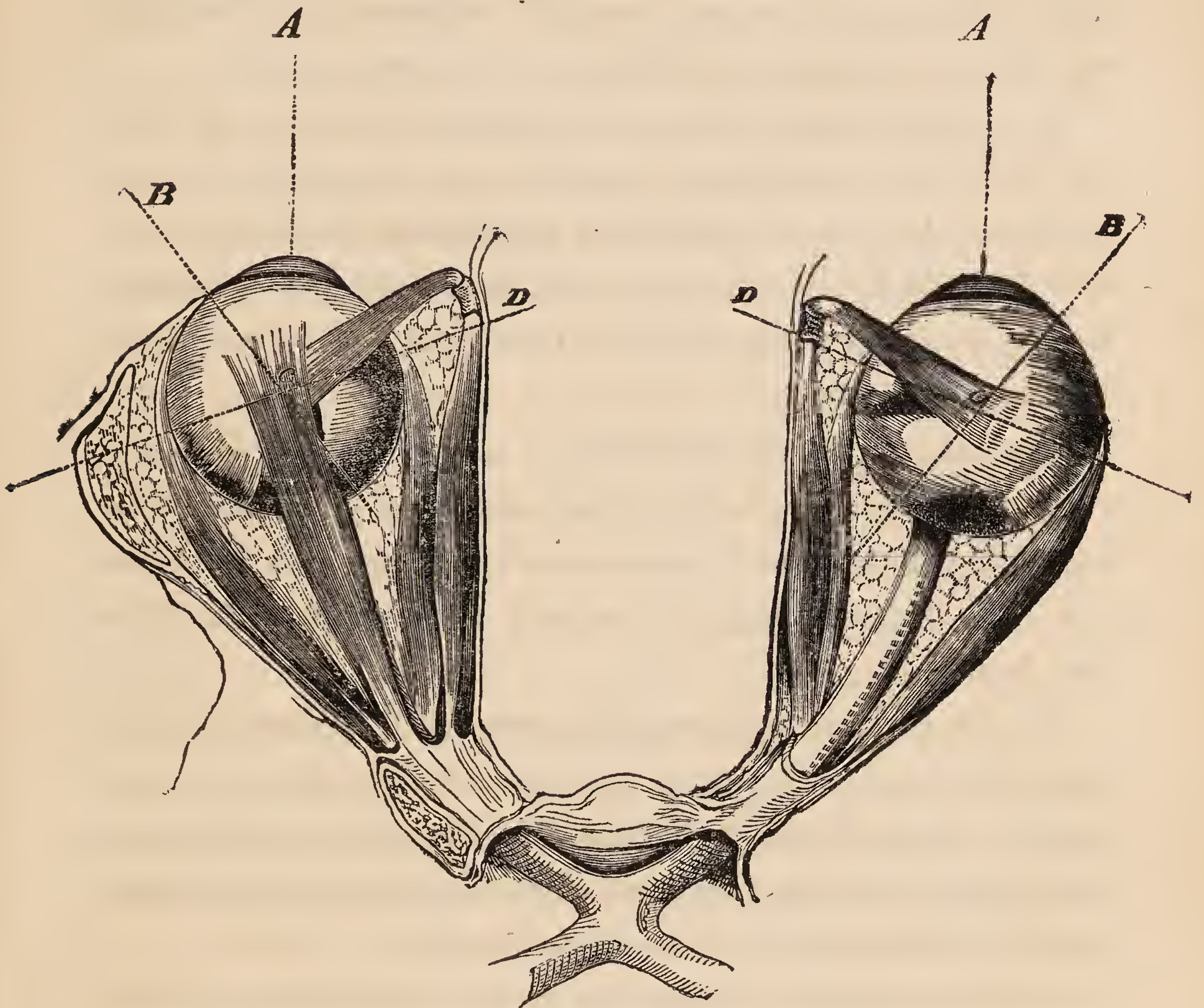
3°. *Door welke spieren elke van deze bewegingen geschiedt.*

I. Het menschelijk oog komt de gedaante van eenen kogel nabij. Het draait, zonder eigenlijke plaatsverandering, in alle rigtingen om een onveranderlijk onbewegelijk punt, *draaipunt* genoemd, dat bijna in het centrum van het oog gelegen is (Volkmann).

De draaijende krachten worden door zes spieren, vier regte en twee schuinsche, vertegenwoordigd, welker werking, twee en twee, aan elkander is overgesteld, zoodat zij het oog om drie denkbeeldige assen kunnen draaijen.

Deze assen staan loodregt op de rigting der draaijende krachten, door de spieren vertegenwoordigd. Uit de bekende rigting, waarin de spieren op den oogbol werken, kan men derhalve de ligging der assen bepalen. Om eene dezer assen te vinden, brenge men een vlak door de rigting van eene spier of van twee tegenovergestelde spieren

en door het draaipunt in den oogbol; de lijn, die loodregt op dit vlak door het draaipunt gaat, is de as, om welke deze spieren het oog bewegen.



a. Zijn al de spieren in evenwigt, waarbij de gezigtsassen *A A* horizontaal, evenwijdig, en regt naar voren gerigt zijn, dan kan men de rigting der spieren, en de assen, om welke zij het oog kunnen wentelen, bepalen, als volgt:

De uit- en inwendige regte spieren liggen in een horizontaal vlak; zij draaijen het oog derhalve om eene regtstandige as, die met de verticale middellijn van het oog zamenvalt. Zij moet (in de figuur) regtstandig gedacht worden op het draaipunt *c*, waar *B* en *D* elkander overkruisen.

De bovenste en onderste regte spieren, die in een ver-

ticaal vlak liggen, snijden de gezigtsas *A* onder eenen hoek van ongeveer 20°; zij draaijen derhalve het oog om eene as *D*, die in een horizontaal vlak gelegen is, en, de gezigtsas onder eenen hoek van ongeveer 70° snijdende, zich schuins van binnen en voren naar buiten en achteren uitstrekt.

De rigting van de onderste schuinsche en van de pees der bovenste schuinsche spieren, die insgelijks in een verticaal vlak liggen, snijdt de gezigtsas onder eenen hoek van 55°. Zij draaijen het oog om de as *B*, die insgelijks in een horizontaal vlak ligt, en de gezigtsas onder eenen hoek van 35° snijdt.

Deze assen zijn niet de éénige, om welke het oog door de genoemde spieren wentelen kan. Door gecombineerde werking van meerdere spieren kan het oog zich bewegen om elke denkbeeldige as, zonder onderscheid, die door het draaipunt gaat.

Bij de werking van meerdere spieren kan men de rigting, als resultante dier gecombineerde werking, gemakkelijk vinden, b. v. door de constructie van het parallelogram der krachten. De as, om welke het oog alsdan draait, staat weder loodregt op de gevondene rigting.

b. Bevinden zich de spieren niet in evenwigt, en heeft het oog alzoo reeds eene draaijing om de eene of andere as ondergaan; dan is de rigting van al de spieren, die het oog om eene andere as draaijen, veranderd. Deze wentelen nu het oog om eene andere as, die, wanneer men de rigting der spieren, bij den gegeven' stand van het oog, kent, echter weder op gelijke wijze en even gemakkelijk kan bepaald worden.

c. Door den tonus der gezamentlijke spieren wordt het oog op zijne plaats bevestigd. De schuinsche spieren zouden het naar voren, de regte naar achteren trekken. Zij zijn, in dit opzigt, antagonisten en binden het oog aan zijne plaats.

II. De regtstreeksche waarneming leert, dat bij de verschillende wijzigingen van het zien, de gezigtsas naar alle zijden, naar boven, naar beneden, naar binnen en buiten gerigt wordt, terwijl de beide assen óf evenwijdig blijven (bij het zien van voorwerpen op oneindigen afstand), óf zoodanig convergeren, dat zij zich op een bepaald punt overkruisen, voor welks afstand het oog geaccommodeerd is.

Er is bij de bewegingen der oogen nog op een ander punt de aandacht te vestigen. Bij al de gewone bewegingen der oogen zien wij de voorwerpen slechts enkel, hoewel op de beide netvliezen een beeld gevormd wordt. Eene voorwaarde tot enkel zien is, dat de beide beelden op overeenkomstige, identische, plaatsen der netvliezen vallen. Identisch zijn de punten, die aan het achterste uiteinde der gezigtsas beantwoorden, en alle punten, die hiervan even verwijderd zijn, met dien verstande, dat de naar binnen gelegene punten van het eene oog met de naar buiten gelegene van het andere overeenkomen en omgekeerd, daarentegen de bovengelegene en ondergelegene op beide oogen identisch zijn [1]). Daar nu bij de verschillende bewegingen

1) Meerdere zeer bekende en overal te vinden proeven (zelfs reeds bij TAYLOR in zijn merkwaardig boekske: *Le méchanisme ou nouveau traité de l'oeil* etc. Paris 1738 p. 165 e. s.) laten geen' twijfel over omtrent de juistheid der theorie van de identische punten. Zij is dan ook in geenen deele weêrlegd, en het minst van al, zoo als WHEATSTONE beweerde, door de stereoscopische verschijnselen, die integendeel zonder het bestaan van identische punten geheel onverklaarbaar zijn, en, bij gevolg, de theorie helpen schragen. Waardoor anders dan door het verschil der beelden op de beide netvliezen, die nu niet aan alleen indetische punten kunnen beantwoorden, — derhalve door een gedeeltelijk dubbelzien, — onderscheidt men het ligchamelijk bestaan in de ruimte, van platte figuren? — De stereoscopische spiegel-figuren bootsen het verschil der beelden, die van ligchamen op de beide netvliezen gevormd worden, na; de beeldjes der beide vetvliezen doen niet uitsluitend overeenkomstige punten aan, en wij verkrijgen hierdoor den indruk van ligchamen, die wij ons voorstellen in de ruimte te zien. Het punt in de gezigtsas moet echter in elk geval identisch zijn; is het dit niet, dan ziet men dubbel en men heeft hiervan de volkomene bewustheid.

der oogen, tot het zien in alle rigtingen en op alle afstanden benoodigd, de voorwerpen, in denzelfden horopter gelegen, enkel gezien worden, zoo is het buiten twijfel, dat, onder alle die omstandigheden, identische punten op de beide netvliezen aan elkander beantwoorden. Hiertoe is ten eerste noodig, dat de gezigtsassen zich in één punt van het voorwerp overkruisen, welk punt aan het uiteinde der gezigtsas (op de gele vlek) op beide netvliezen zijn beeldje heeft; maar, in de tweede plaats, dat de verticale middellijnen der beide oogen evenwijdig zijn, met andere woorden, dat de beide oogen geene of wel eene geheel overeenkomstige draaijing om de gezigtsas ondergaan hebben. Stelt men zich voor, dat het eene oog een weinig om de gezigtsas gedraaid is, het andere niet, dan is het klaar, dat b. v. de punten, die, bij den toestand van evenwigt der spieren, op ééne lijn regtstandig boven de gele vlek (derhalve in den verticalen meridiaan) gelegen zijn, op het gedraaide oog naar eene zijde zullen overhellen, op het niet gedraaide oog daarentegen regtstandig blijven; — dat alzoo op de beide netvliezen geene identische punten meer met elkander zullen overeenstemmen dan alleen het juiste midden der gele vlek, — en dat elk beeld dubbel zal gezien worden, zoodanig, dat het eene beeld regt, het andere scheef staat, en beiden slechts in de gezigtsas zamenvallen. Men kan zich hiervan hoogst gemakkelijk overtuigen. Wanneer men namelijk, met beide oogen, naar eene b. v. regstandig geplaatste streep ziet, en met den vinger tegen de onder-buitenzijde van het eene oog naar boven drukt, hetgeen eene geringe draaijing van het oog om de gezigtsas ten gevolge heeft, dan volgt

---

Daarom gelukt het ook niet iedereen terstond de stereoscopische beelden goed te zien, (vergelijk BRUECKE in MUELLER's *Archiv.* 1841, S. 5, en TOURTUAL. *Die Dimensionen der Tiefe im freien Sehen und im stereoscopischen Bilde*, 1842).

terstond dubbel zien, en het beeld, dat men met het gedraaide oog ziet, staat scheef. Is het oog hierbij niet tevens eenigzins om eene andere as gedraaid, dan vallen de twee beelden juist in de gezigtsas, dat is in het punt, dat men fixeert, zamen, en het is dan gemakkelijk, den hoek, derhalve de hoeveelheid van omdraaijing, die hierbij eenige weinige graden niet te boven gaat, te bepalen.

Wij mogen alzoo besluiten, dat de oogen, bij het zien in alle rigtingen enz., geene of geheel overeenkomstige bewegingen om de gezigtsassen ondergaan, hetgeen men gemakkelijk uitdrukt door te zeggen, *dat de verticale middellijnen evenwijdig blijven;* en hierop is het, dat men tot verklaring van de werking der spieren inzonderheid moet bedacht zijn.

Ten onregte heeft intusschen Hueck beweerd, dat de verticale middellijnen bij de verschillende bewegingen van het hoofd en van de oogen, niet alleen evenwijdig, maar ook verticaal blijven, of liever, dat de verticale meridianen of scheidingslijnen, die de oogen in regter en linker helften verdeelen, altijd verticaal blijven, dat de transversale middellijnen derhalve voortdurend eene horizontale stelling behouden, en dat alzoo, bij bewegingen van het hoofd naar de regter en naar de linker zijde, de oogen tot op eene zekere hoogte te gelijk in eenen tegenovergestelden zin zooveel om de optische as draaijen, dat de verticale stand der meridianen bewaard blijft.

Hoe vreemd deze meening ook schijnen mogt, vond zij onder anderen in Tourtual (althans wat de hoofdzaak betreft), Volkmann, Guérin en aanvankelijk ook in Ruete vereerders. In het *Lehrbuch der Ophthalmologie* ([1]) van laatstgenoemden vonden wij echter de be-

1) Erste Liefer. Braunschweig 1845, s. 14. In het Nederduisch bewerkt en met aanteekeningen voorzien, door Dr. Donders, 1846, bladz. 14.

langrijke opmerking, «dat de valschheid der meening van Hueck voldoende blijkt uit den stand der nabeelden bij de bewegingen van het oog en van het hoofd.» Deze opmerking was mij geheel nieuw, en bij geen der door mij geraadpleegde schrijvers vond ik hierover een woord; maar zij was niettemin volkomen juist. Ik overtuigde mij hiervan door eene eenvoudige proef, die ik ter opheldering in het genoemde werk noodzakelijk achtte, en het was onmogelijk te begrijpen, hoe Ruete eene zoo gewigtige zaak met een paar woorden had kunnen afdoen, die voor bijna alle zijne lezers onverstaanbaar moesten blijven, en weinig geschikt waren om te overtuigen. Een paar maanden later kwam een ander werkje van Ruete [1]) in den handel, en hier vond ik, als bewijs van de bovenstaande bewering («dat, namelijk, de valschheid van de meening van Hueck voldoende blijkt uit den stand der nabeelden, bij de bewegingen van het hoofd en de oogen») het volgende: «zie ik, bij verticale rigting van het hoofd, zoo lang naar een licht, tot dat mij hiervan een duidelijk nabeeld in de oogen blijft, en neig ik daarna het hoofd ter zijde, dan neemt het nabeeld eene aan de neiging van het hoofd beantwoordende rigting aan. Beschouw ik daarentegen het licht bij ter zijde geneigd hoofd, en breng ik nu mijn hoofd in eene verticale rigting, zoo schijnt mij het nabeeld scheef te staan, terwijl het licht zelf mij bij ter zijde geneigd hoofd regt toescheen. Op gelijke wijze verhoudt zich de stand der beelden, wanneer ik het hoofd onbewegelijk bepaal, maar de oogen beweeg. Zie ik aldus naar een licht, en rigt ik hierop de oogen links naar boven, zoo helt het nabeeld naar de linkerzijde over. Deze proeven gelukken het best in eene donkere kamer.»

1) *Das Ophthalmotrop.* Göttingen 1846.

iedereen zal zich zonder moeite van de juistheid van het hier opgegevene kunnen overtuigen [1]). Het komt mij echter voor, dat eenige verklaring van hetgeen deze proeven bewijzen, niet overbodig is:

Zij bewijzen, dat bij de verschillende bewegingen van het hoofd en van de oogen, de verticale middellijnen niet verticaal, de transversale niet horizontaal blijven, — dat de verticale meridianen hunnen verticalen stand niet behouden, — dat de verschillende punten van het netvlies alzoo niet in dezelfde rigting om de gele vlek gegroepeerd blijven. Want, was de bewering van Hueck juist, dan moesten de nabeelden, die noodwendig onveranderlijk aan dezelfde punten van het netvlies gebonden blijven, ook denzelfden stand behouden, hoe men het hoofd, hoe men de oogen bewege. Zij doen dit, blijkens de vermelde proeven, niet; derhalve is de stand dier punten veranderd; derhalve zijn het bij de genoemde bewegingen van het hoofd en van de spieren andere punten geworden, wier gelijktijdige aandoening door ons als een verticaal beeld naar buiten verplaatst wordt; derhalve zijn de verticale meridianen niet verticaal gebleven. Naauwkeuriger kan men zich van de juistheid van het hier beweerde overtuigen, wanneer men zich, naar de in de Nederduitsche bewerking van Ruete (bl. 14) door mij beschrevene wijze, van eene horizontale streep bedient, en de rigting van het nabeeld hiervan, bij de verschillende bewegingen van het hoofd en van de oogen, met eene tweede horizontale streep vergelijkt. Het naauwkeurigst gaat men op de volgende wijze te werk:

Men vestige eenige sekunden het oog op een bepaald punt ongeveer in het midden van een helder gekleurd,

---

1) Wie iets meer van nabeelden verlangt te weten, zie Ruete's *Leerboek der Ophthalmologie.* Nederduitsche bewerking bladz. 82 en volgende; — en overcomplementaire kleuren bladz. 40.

goed verlicht doch niet spiegelend lint, 1 à 2 duimen breed, door middel van eenig gewigt digt voor eene witte muur, op eenige passen afstand, verticaal uitgespannen, — en late vervolgens het oog op het midden eener smalle, zwarte verticale streep, of op een zwart koord, verticaal voor de muur uitgespannen, eenige oogenblikken rusten. Na een paar sekunden verschijnt dan het nabeeld van het gekleurde lint in de complementaire kleur en bedekt de zwarte streep volkomen, onverschillig of men alleen de oogen dan wel het hoofd ter zijde gedraaid heeft. In beide gevallen zijn derhalve de verticale meridianen nog vertikaal gebleven. Maar *bij de minste zijdelingsche overhelling* van het hoofd naar den regter of linker schouder, ziet men het nabeeld de beweging van het hoofd volgen, en onmiddellijk staat het nabeeld scheef en overkruist de zwarte streep op het punt, dat men fixeert; en zoodra het hoofd, in plaats van regtstandig, horizontaal geplaatst is, schijnt het nabeeld insgelijks horizontaal, staat regthoekig op de zwarte streep en maakt hiermede een kruis. Bij *de bewegingen van het hoofd* volgen de verticale meridianen der oogen derhalve volkomen den stand van het hoofd, en er heeft geene de minste draaijing der oogen, in tegengestelden zin, om de gezigtsas plaats, zoo als HUECK zich voorstelde, — evenmin wanneer men een punt der zwarte streep sterk fixeert, welk fixeren TOURTUAL [1]) als voorwaarde voor de draaijing van het oog om de gezigtsas stelde. De vertikale middellijnen blijven alzoo niet vertikaal, de horizontale, niet horizontaal, hetgeen na het bovenstaande wel geene nadere verklaring behoeft.

Op gelijke wijze kan men de proef inrigten, ten bewijze, dat bij *sommige bewegingen der oogen*, terwijl het hoofd regtstandig blijft, de verticale middellijnen (hoewel even-

1) MUELLER's *Archiv.* 1840, s.

wijdig) niet verticaal blijven, dat er alzoo, onder sommige omstandigheden, eene draaijing om de gezigtsas, door velen betwijfeld, mogelijk is. Men houde hierbij op gelijke wijze de oogen eenige oogenblikken gevestigd op het gekleurde regtstandige lint, en wende dezelve nu naar eene sterk ter zijde en boven of beneden geplaatste verticale lijn. Het nabeeld, dat spoedig verschijnt, staat alsdan scheef en overkruist de zwarte streep op het punt, dat men fixeert. Dit bewijst, dat er eene draaijing om de gezigtsas heeft plaats gehad, — dat de verticale meridianen niet vertica a gebleven zijn.

Om de werking van elke spier, bij de verschillende rigtingen der gezigtsassen, naauwkeurig te bepalen, was het een eerste vereischte, de bewegingen van den oogbol, bij elke dezer rigtingen te kennen, en zoolang uit den stand der nabeelden de stand der verticale meridianen niet was opgespoord, bleef deze kennis onvolkomen.

Ik stelde mij dus ten doel, mij hiermede op de beschrevene wijze bekend te maken, en ik heb hierbij eene hoogst merkwaardige, geheel onverwachte anomalie ontdekt, die bij de bepaling van den stand der nabeelden tot schijnbaar zoo onstandvastige resultaten leidde, dat ik aanvankelijk aan eenen goeden uitslag moest wanhopen. Voorgezette onderzoekingen gaven mij echter weldra den sleutel van het zonderlinge verschijnsel. Bij het bepalen van het maximum van helling der verticale meridianen, bij het schuins naar boven rigten der gezigtsassen, deed zich namelijk de zwarigheid op, om de zwarte streep in betrekking tot de gekleurde zoodanig te plaatsen, dat ik het maximum van afwijking vond. Ik meende deze zwarigheid gemakkelijk te kunnen uit den weg ruimen door beweging van het hoofd naar beneden, en tevens naar de regter en naar de linkerzijde, wanneer ik mij slechts voor zijdelingsche over-

helling naar den eenen of anderen schouder wachtte. Hierbij verkreeg ik als standvastige uitkomst, dat, bij het rigten der gezigtsassen naar de linker zijde het nabeeld naar de regter zijde overhelde, en omgekeerd, waarbij het echter tevens noodig was, de oogen naar boven of beneden te rigten, hetgeen ik door tegengestelde beweging van het hoofd, terwijl ik de oogen op hetzelfde punt gevestigd hield, het geschikst meende te verkrijgen. En toch was het juist deze beweging van het hoofd, die de uitkomsten der proeven geheel veranderde. Toen ik, namelijk, op eene meer geschikte plaats, voor eenen hoogeren wand, waar tot het zien naar boven geene bewegingen van het hoofd, maar alleen van de oogen vereischt werden, de gedane proeven herhaalde, en mijn hoofd nu onverschillig meer voor- of achterover gebogen hield, waren de uitkomsten zoo onstandvastig, dat ik, bij de groote standvastigheid, die ik met gebogen hoofd verkregen had, weldra mijne aandacht op den stand des hoofds vestigen moest, en door herhaalde, veelvuldig gewijzigde proeven tot het merkwaardig besluit kwam: *dat bij dezelfde rigting der gezigtsassen in betrekking tot het hoofd, de stand van het oog in de oogholte, bij voor- en achterover gebogen hoofd, niet dezelfde is, wanneer de gezigtsassen ter zijde gerigt zijn.* Eene draaijing van het hoofd, of eene neiging van hetzelve naar de regter of linker zijde is daarentegen van geen' invloed op den stand van den oogbol in de oogholte; men weet, dat het laatste door Hueck en anderen beweerd werd.

De juistheid dezer verrassende daadzaak zal ten duidelijkste blijken, uit den stand der nabeelden, door mij waargenomen en bij 3°. vermeld.

Om den stand der verticale meridianen bij het zien van het nabeeld te beoordeelen, zij het genoeg op te merken, dat bij al onze proeven, de beelden, in den verticalen

meridiaan opgenomen, als nabeelden aan den verticalen meridiaan gebonden blijven. Dat de beelden op het netvlies omgekeerd zijn, heeft bij de beoordeeling geen' invloed; want de streep, die men in het boven regter quadrant naar buiten verplaatst ziet, ligt in het onder linker-quadrant op het netvlies, doch heeft volkomen dezelfde rigting. Zien wij alzoo het nabeeld, bij eene veranderde rigting der gezigtsassen of bij eenen veranderden stand van het hoofd, regts overhellen, dan neigen ook de verticale meridianen naar de regter zijde, links, dan neigen zij naar de linker zijde. Dit weinige scheen mij ten goeden verstande noodzakelijk. Zie hier de uitkomsten der proeven, die iedereen bij zich zelven gemakkelijk zal kunnen herhalen:

1°. Bij het rigten der G A A (gezigtsassen) evenwijdig naar boven of beneden en regt naar voren. Hetzij het hoofd hierbij in rust blijft, hetzij te gelijk met het veranderen van de rigting der G A A regt voor- en achterover gebogen wordt, de nabeelden blijven onveranderlijk regtstandig.

Hieruit volgt, *dat bij het rigten der* G A A, *evenwijdig, regt naar voren, hetzij naar boven hetzij naar beneden, bij voor- en achterover gebogen hoofd, de* V M M (verticale meridianen) *hunnen verticalen stand behouden*, zoodat de oogen hierbij alleen om de H A A (horizontale assen, die loodregt op de G A A staan) draaijen.

2°. Bij het rigten der G A A naar voren en binnen, hetzij naar boven, hetzij naar beneden.

Hierbij blijven de nabeelden insgelijks verticaal. De hiertoe betrekkelijke proeven heb ik op twee wijzen genomen, namelijk, door naar het gekleurde lint op grooten afstand te zien, en het nabeeld op een vel papier, voor hetwelk een touwtje was uitgespannen, zoo digt voor het oog als mijn gezigtsafstand (van 140 millemeters) toeliet, op te vangen, of omgekeerd, als tegenproef, door de G A A op een ge-

kleurd verticaal uitgespannen lintje, zoo digt mogelijk voor het oog gehouden, te rigten, en nu het nabeeld op grooten afstand, met naar boven of beneden gerigte G A A, met eene verticale lijn te vergelijken.

Hieruit volgt, dat bij het rigten der G A A *naar voren en binnen, hetzij naar boven, hetzij naar beneden, de* V M M *verticaal blijven.*

3°. Bij het rigten der G A A ter zijde naar boven of beneden.

Wij hebben hierbij, zoowel bij het rigten der G A A naar de regter als naar de linkerzijde, naar den stand van het hoofd, vijf wijzigingen te onderscheiden: *a* met regtstandig hoofd, *b* met matig voorover gebogen hoofd, *c* met sterk voorover gebogen hoofd, *d* met matig achterover gebogen hoofd, *e* met sterk achterover gebogen hoofd.

Daar wij gezien hebben, dat bij 1°. en 2°. de V M M voortdurend hunnen verticalen stand behouden, zoo konden wij reeds a priori besluiten, dat het voor den stand der nabeelden onverschillig zijn moet, of men, bij het beschouwen der gekleurde streep, het hoofd voor- of achterover gebogen, de G A A naar boven of naar beneden gerigt, en den afstand groot of klein genomen heeft; — hetgeen ik dan ook door mijne proeven heb bevestigd gevonden. *Alleen de stand van het hoofd en de rigting der* G A A *bij het zien van het nabeeld is van gewigt en bepaalt deszelfs stand; waarbij de meer of minder convergerende rigting der* G A A *echter niets afdoet.*

a. Bij regtstandig hoofd de G A A horizontaal ter zijde rigtende, derhalve bij bloote draaijing der oogen om de V A A (verticale assen), blijft het nabeeld regtstandig; — ze tevens naar boven rigtende, neigt het naar de zijde, waarheen men ziet; — ze tevens naar beneden rigtende, neigt het naar de tegenovergestelde zijde. Rigt men alzoo bij regtstandig hoofd de G A A links naar boven, dan helt het

nabeeld naar de linkerzijde over, links naar beneden, dan helt het naar de regterzijde over; en omgekeerd bij het rigten der gezigtsassen regts naar boven en naar beneden.

Hieruit volgt, *dat bij regtstandig hoofd, bij eene rigting der* G A A *links naar boven en regts naar beneden, de* V M M *naar de linker zijde overhellen, bij eene rigting der* G A A *regts naar boven en links naar beneden daarentegen naar de regter zijde.*

b. Bij matig voorover gebogen hoofd de G A A zoo sterk mogelijk naar boven en naar eene zijde rigtende, blijft het nabeeld regtstandig. Doch zijn de G A A iets minder naar boven gerigt, dan hellen de nabeelden naar de tegenovergestelde zijde over als die, waarheen de G A A gerigt zijn, hetgeen des te sterker wordt, naar mate de G A A meer naar beneden en ter zijde gerigt worden; maar hoe sterk men ze naar boven rigte, bij matig voorover gebogen hoofd, gelukt het niet, om, even als bij *a*, het nabeeld naar dezelfde zijde, waarheen de G A A gerigt zijn, te doen overhellen.

Hieruit volgt, *dat, bij matig voorover gebogen hoofd, de* V M M *alleen verticaal blijven, wanneer de* G A A, *bij het ter zijde rigten, zoo sterk mogelijk naar boven gerigt worden; doch dat de* V M M, *bij het rigten der* G A A *naar de linker of regter zijde, des te meer naar de tegenovergestelde zijde overhellen, hoe minder de* G A A *naar boven gerigt zijn.*

c. Bij sterk voorover gebogen hoofd de G A A ter zijde rigtende, hellen de nabeelden altijd naar de tegengestelde zijde over, het sterkst, wanneer men tevens naar beneden ziet, tot welk einde men zich op eene hoogte voor den wand moet plaatsen.

Hieruit volgt, *dat, bij sterk voorover gebogen hoofd, de* V M M *altijd naar de tegenovergestelde zijde overhellen van die, waarheen de gezigtsassen gekeerd zijn.*

d. Bij matig achterover gebogen hoofd, (waarbij men in allen opzigte het tegenovergestelde van *b* heeft), de G A A zoo sterk mogelijk naar beneden en naar eene zijde rigtende, blijft het nabeeld regtstandig. Doch zijn de G A A iets minder naar beneden gerigt, dan helt het naar dezelfde zijde over, waarheen ze gerigt zijn, hetgeen des te sterker wordt, naarmate ze meer naar boven gerigt worden; maar hoe sterk men ze naar beneden rigte, het gelukt niet meer ze naar de tegenovergestelde zijde te doen overhellen.

Hieruit volgt, *dat, bij matig achterover gebogen hoofd, de* V M M *alleen verticaal blijven, wanneer de* G A A, *bij het ter zijde rigten, zoo sterk mogelijk naar beneden gerigt worden, doch dat zij des te meer naar dezelfde zijde overhellen, hoe minder de* G A A *naar beneden gerigt zijn.*

e. Bij sterk achterover gebogen hoofd, (waarbij men in elk opzigt het tegengestelde van *c* heeft), de G A A ter zijde rigtende, hellen de nabeelden altijd naar dezelfde zijde over, het sterkst, wanneer men tevens naar boven ziet, tot welk einde men zich voor eenen hoogen wand moet plaatsen.

Hieruit volgt, *dat, bij sterk achterover gebogen hoofd, de* V M M *altijd naar die zijde overhellen, waarheen de* G A A *gerigt zijn.*

Bovenstaande uitkomsten laten geene twijfel over omtrent de juistheid der uitspraak: *dat bij dezelfde rigting der gezigtsassen in betrekking tot het hoofd, de stand van het oog in de oogholte, bepaaldelijk de stand der* V M M, *bij voor- en achterover gebogen hoofd niet dezelfde is, wanneer de gezigtsassen ter zijde gerigt zijn.* Om zich hiervan te overtuigen, vergelijke men slechts de uitkomsten, die bij 3°. *c* en *e* vermeld zijn. Rigt men, (om een duidelijk voorbeeld te kiezen), bij sterk voorover gebogen hoofd, de G A A links naar boven, — die van het regter oog

alzoo juist langs de binnenzijde van den boven-oogkuilschen rand, — dan helt het nabeeld naar de *regterzijde* over; en rigt men de G A A in betrekking tot het hoofd volkomen op gelijke wijze, — die van het regter weder juist langs de binnenzijde van den boven-oogkuilschen rand, — bij achterover gebogen hoofd, dan helt het nabeeld sterk naar de *linkerzijde* over. In beide gevallen is de rigting der G A A in betrekking tot het hoofd volkomen dezelfde, en desniettegenstaande zijn in het eerste geval de V M M naar de regter, in het tweede geval naar de linkerzijde geneigd.

Welligt is menig lezer reeds op het denkbeeld gekomen, dat, bij de voor- en achterover gebogene houding van het hoofd, de V M M onveranderd blijven, wanneer de G A A op hetzelfde punt gerigt blijven, — dat alzoo de oogbol bij de voor- en achterwaartsche bewegingen van het hoofd, zijnen stand, in betrekking tot de buiten ons gelegene voorwerpen, onveranderd behoudt, wanneer de G A A op hetzelfde punt gerigt blijven. Toen ik had opgemerkt, dat bij matig voorover gebogen hoofd de V M M verticaal blijven, wanneer men, ter zijde ziende, de G A A zoo veel mogelijk *naar boven* rigt, en dat bij matig achterover gebogen hoofd hetzelfde plaats heeft, wanneer men de G A A zoover mogelijk *naar beneden* rigt, werd mij dit vermoeden zelfs waarschijnlijk. Het was echter gemakkelijk, hetzelve proefondervindelijk te toetsen, en ..... te weêrleggen. Was het vermoeden juist, dan moest het nabeeld bij voor- en achterwaarts gebogene houding van het hoofd, verticaal blijven, wanneer de G A A onveranderd op één punt gerigt worden, dat in hetzelfde waterpas-vlak ligt als de oogen, — en derhalve eene horizontale rigting behouden, even als bij 3°. *a*, — dan moest elk nabeeld denzelfden stand behouden, bij het voor- en achterover buigen van het hoofd, wanneer de gezigtassen maar op hetzelfde punt gerigt blijven, of althans

op een punt, dat niet meer rijst en daalt, dan de oogen bij de genoemde bewegingen van het hoofd. Dit is geenszins het geval; bij achterover gebogen hoofd ziet men, bij horizontaal ter zijde gerigte gezigtsassen, het nabeeld naar dezelfde zijde, bij voorover gebogen hoofd, naar de tegenovergestelde zijde overhellen; hoewel geen van beiden sterk, — en bij achterover gebogen hoofd helt het nabeeld nog links, wanneer de G A A op een links geplaatst punt gerigt worden, op hetwelk de G A A bij voorover gebogen hoofd gerigt zijnde, men een regts overhellend nabeeld waarneemt; zoodat wij besluiten moeten, *dat bij de voor- en achterwaartsche bewegingen van het hoofd*, de V M M, *noch bij eene onveranderde rigting der* G A A, *in betrekking tot het hoofd*, *noch bij eene onveranderde rigting der* G A A, *in betrekking tot de buiten ons geplaatste voorwerpen*, *onveranderd blijven.*

Door de bovenstaande bepalingen van den stand der V M M meen ik den grondslag gelegd te hebben, om, bij onze kennis van de rigting, waarin de spieren op den oogbol werken, het aandeel van elke spier, bij elke beweging der oogen, bij elken stand van het hoofd met methematische juistheid aan te wijzen. Zoo lang de wetenschap deze bepalingen niet bezat, moest elke proeve tot verklaring van de verrigting der verschillende spieren van het oog, uit den aard der zaak, gebrekkig blijven; want men kende de bewegingen van den oogbol niet dan onvolkomen, en had nimmer eenig juist denkbeeld gehad van de draaijing van het oog om de G A. De gelukkige gedachte, om uit den stand der nabeelden tot den stand der V M M te besluiten, behoort, naar ik vermeen, oorspronkelijk aan Ruete, doch zij had in zijne handen nog niet alle die vruchten gedragen, die zij dragen kon. Om het aandeel van elke

spier, aan de bewegingen, bij 3° vermeld, mathematisch vast te stellen, even als wij zulks voor de bewegingen, bij 1° en 2° vermeld, hier beneden laten volgen, worden nog nadere onderzoekingen vereischt nopens den juisten graad van afwijking der V M M, bij de voor- en achterwaartsche bewegingen van het hoofd en bij de verschillende rigtingen der G A A, zoowel naar boven en beneden, als naar de regter en linker zijde, beiden ook met juiste bepaling van het aantal graden. Reeds heb ik eenige proeven verrigt, om het maximum van mogelijke draaijing van het oog om de G A te vinden, alsmede om den graad dier draaijing bij verschillende houdingen van het hoofd en rigtingen der G A A te bepalen. Deze proeven vereischen echter bijzondere zorg, en zullen in groot aantal en met betere werktuigen, dan mij tot dus verre ten dienste stonden, moeten worden in het werk gesteld, waarom ik mij liever voorbehoude, hierop later terug te komen, dan ik er thans toe zou overgaan, mijne onvolkomene resultaten dienaangaande mede te deelen; en ik ga alsnu over tot de vraag:

III. *Door welke spieren elke beweging der oogen geschiedt.*

Wij hebben aangenomen, dat de oog-spieren gelijkmatig werken, wanneer, bij regtstandig geplaatst hoofd, de beide G A A horizontaal en evenwijdig gerigt zijn. Dit is het uitgangspunt, van waar wij de verschillende bewegingen door de overwegende werking van bepaalde spieren te beschouwen hebben. Werken de spieren, waarvan eenige beweging afhankelijk is, op meerdere assen, die in hetzelfde vlak gelegen zijn, zoo als bij de werking der O O (musculi obliqui) met den R S (rectus superior) en R Jf (rectus inferior) het geval is, dan kan men de inwerkende krachten gemakkelijk op de G A en de H A ontbinden. Doch liggen de

assen niet in hetzelfde vlak , hetgeen plaats vindt, wanneer de werking van eene der genoemde spieren met die van R Jt (m. rectus internus) of R S (m. rectus superior) gepaard gaat, dan stelle men zich het oog door de werking van een' der genoemde R R in eenen bepaalden stand voor, en neme dezen als uitgang aan voor de werking der overige spieren.

Wij gaan thans tot de spierwerking over, in dezelfde orde, die wij bij de bewegingen van den oogbol gevolgd hebben:

1o. *a*. Bij het rigten der G A A, evenwijdig regt naar voren en boven, blijven de V M M verticaal. Het oog draait hierbij alleen om de H A.

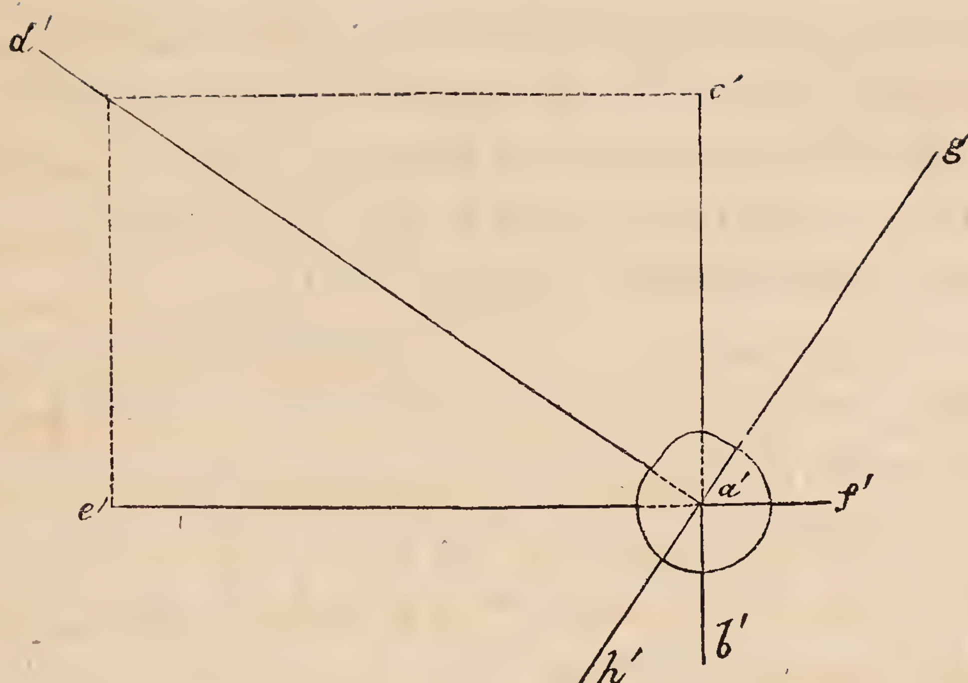
De R S is voor deze beweging niet voldoende, of liever te veel. Hij draait het oog (de figuren stellen eene horizontale doorsnede van het regter oog voor) om eene horizontale as *g h* die de gezigtsas *b c* onder 70o snijdt.

Zijne kracht *a d* kan dus beschouwd worden als de resultante van twee krachten *a c* en *a e* waarvan *a c* het oog om de horizontale as *e f*, en *a e* om de gezigtsas *b c* draait, en wel *naar binnen*.

De eerste dezer krachten werkt in de rigting der gevraagde beweging; de tweede moet door eene antagonistische werking vernietigd worden.

De O J draait het oog om eene horizontale as *g' h'* die de gezigtsas *b' c'* onder 35° snijdt.

Zijne kracht *a' d'* kan dus ook beschouwd worden als de resultante van twee krachten *a' c'* en *a' e'* waarvan *a' c'* het oog om de horizontale as *e' f'* en *a' e'* om de gezigtsas



$b' c'$ draait en wel ***naar buiten.*** Werken de beide spieren gelijktijdig, dan vernietigen $a\ e$ en $a'\ e'$ elkander, en het oog wordt door de vereenigde werking van $a\ c$ en $a'\ c'$ om de H A gedraaid, zoodat de V M M verticaal blijven. Hieruit blijkt, dat $a\ e$ en $a'\ e'$ evenveel vermogen; $a\ e$ is de sinus van den hoek $a\ d\ e =$ sinus 20°; $a'\ e'$ is de sinus van den hoek $a'\ d'\ e' =$ sinus 55°. De absolute krachten, waarmede R S en O I op de gezigtsas werken staan dus in omgekeerde verhouding van de sinussen van 20° en van 55°. Noemen wij de absolute kracht der spieren k, dan hebben wij in dit geval de evenredigheid:

$$k \text{ van R S} : k \text{ van O I} = \sin.\ 55° : \sin.\ 20 = 2{,}395 : 1.$$

Voor de betrekkelijke krachten, die wij door k' zullen uitdrukken, op de H A, dat is voor het aandeel, dat R S en O I aan het naar boven rigten der G A A nemen, vinden wij in dit geval, waar de R S onder 70°, de O I onder 35° op de H A werkt, de volgende evenredigheid:

$$k' \text{ van R S} : k' \text{ van O I} = \sin.\ 70° : \frac{\sin.\ 35°}{2{,}395} = 3{,}924 : 1.$$

Hieruit volgt, *dat bij het rigten der gezigtsassen evenwijdig, regt naar voren en boven, de* R S *en* O I *werkzaam zijn, dat de absolute krachten, waarmede* R S *en*

O I *hierbij werken tot elkander staan* = 2,395 : 1; *en dat de aandeelen, die zij aan het veranderen van rigting der* G A A *naar boven nemen, tot elkander staan* = 3,924 : 1. — Hierbij worden R If en O S verslapt, terwijl R E en R It gelijkmatig blijven werken.

b. Bij het rigten der G A A evenwijdig naar voren en beneden, werken R If en O S. Ontbinden wij de krachten dezer beide spieren op gelijke wijze als die van den R S en O I in het vorige geval, dan blijkt, dat de componenten van beiden, die het oog om de G A draaijen, zich ook hier weder vernietigen, terwijl de vereenigde componenten, die het oog om de G A A naar beneden draaijen, de beweging voortbrengen. Daar R If en O S onder gelijke hoeken werken als R S en O I, zoo volgt, dat

Bij het rigten der gezigtsassen evenwijdig, regt naar voren en beneden, de R If *en* O S *werkzaam zijn, dat de absolute krachten, waarmede* R Jf *en* O S *hierbij werken, tot elkander staan* = 2,395 : 1, *en dat de aandeelen, die* R Jf *en* O S *in het veranderen van de rigting der* G A A *naar beneden nemen, tot elkander staan* = 3,924: 1. — Hierbij zijn R S en O J verslapt, terwijl R E en R Jt gelijkmatig blijven werken.

2°. *a.* Bij het rigten der G A A naar voren, binnen en boven, blijven de V V M verticaal.

Denken wij ons de G A A, door de werking van R Jt Jt, 17½° naar binnen gedraaid, dan snijden zoo wel de assen voor de R S S als voor de O J J de G A A onder 37½°, en de H A A onder 52½°. Daar nu bij het naar boven rigten der G A A de V M M verticaal blijven, zoo volgt hieruit onmiddellijk, dat de beide genoemde spieren hierbij even krachtig werken, dat hare krachten op de G A A zich vernietigen, en dat zij een gelijk aandeel hebben in het draaijen van het oog om de H A, dat is in het naar boven rigten der G A A.

Hieruit volgt, *dat, bij het rigten* G A A *naar voren, boven en* 17$^1/_2$° *naar binnen, zoowel de absolute krachten, waarmede* R S *en* O J *werken, als de aandeelen, die zij aan het naar boven rigten der* G A A *nemen, volkomen gelijk zijn.* R Jf en O S worden hierbij verslapt, en R Jt heeft een overwigt boven R E.

Op gelijke wijze als bij 1°. *a.* geschied is, kan men, voor elke bekende rigting der G A A naar binnen, de absolute kracht van R S en O J, bij het naar boven rigten der G A A, en het aandeel van elke derzelve aan deze beweging met juistheid bepalen. Stellen wij de G A A 10° naar binnen gerigt, dan hebben wij voor de absolute kracht en de aandeelen in het naar boven rigten der G A A de volgende evenredigheden:

k van R S : *k* van O J = sin. 45 : sin. 30 = 1,314 : 1 en
k' van R S : *k'* van O J = sin. 60 : sin. 45 = 1,657 : 1.
$\overline{1,314}$

Hieruit volgt, *dat, bij het rigten der* G A A *naar voren en boven, zoowel de absolute krachten, als de aandeelen, die zij aan het naar boven rigten der* G A A *nemen, voor den* R S *des te geringer, voor den* O J *des te grooter worden, hoe meer de* G A A *naar binnen gerigt zijn, en dat beiden voor den* O J *grooter worden dan voor den* R S, *zoodra de* G A A *meer dan* 17$^1/_2$° *naar binnen gerigt zijn.* Veel meer dan 17$^1/_2$° kunnen de gezigtsassen echter, bij niet bijziende oogen, niet naar binnen gerigt worden, zoodat de O J, bij het naar boven rigten der G A A, doorgaans niet veel krachtiger behoeft te werken dan de R S.

b. Bij het rigten der G A A naar voren, binnen en beneden, blijven de V M M insgelijks verticaal. Hierbij verhouden zich de R Jf Jf op gelijke wijze als de R S S bij *a*, en de O S S even als de O J J bij *a*. Het schijnt dus overbodig,

dit door berekening aan te toonen. Wij bepalen ons bij de conclusie:

Dat bij het rigten der G A A *naar voren en beneden zoowel de absolute krachten, als de aandeelen, die zij aan het naar beneden rigten der* G A A *nemen, voor de* R Jf Jf *des te geringer, voor den* O S *des te grooter worden, hoe meer de* G A A *naar binnen gerigt zijn, — dat bij eene rigting der* G A A *van* 17½° *naar binnen, de genoemde absolute krachten en aandeelen voor beide spieren gelijk zijn, — en dat die voor* O S *zelfs grooter worden, zoodra de* G A A *meer dan* 17½° *naar binnen gerigt zijn.* R S en O J worden hierbij verslapt, terwijl R Jt een overwigt krijgt boven R E.

In het voorbijgaan merken wij op, dat bij sterk naar binnen gerigte G A A, waarbij de rigting naar boven en beneden grootendeels door de O O zou moeten geschieden, de neusknobbel het zien naar boven, de neus het zien naar beneden beperken, welke beperking bij eenen horizontalen stand der G A A tegenover den wortel van den neus niet bestaat.

3°. Bij het rigten der G A A ter zijde naar boven of beneden bestaan vele wijzigingen in de bewegingen van den oogbol, welker spierwerking wij hebben na te gaan. Zij is op de beide oogen altijd verschillend; het is echter voldoende, de spierwerking bij het rigten der G A A naar eene zijde, waarvoor wij zonder bepaalde reden de linkere zullen uitkiezen, te beschouwen; bij het rigten der G A A naar de andere zijde hebben wij de spierwerking slechts wederkeerig van het eene oog op het ander over te brengen. Wij missen hierbij nog de graden van neiging der V M M, bij naauwkeurig bepaalde standen van het hoofd en van de G A A, en moeten dus voor het oogenblik van de juiste mathematische bepalingen, als bij 1°. en 2°. vermeld zijn, afzien.

a. Bij regtstandig hoofd blijven de V M M bij horizontaal ter zijde gerigte G A A verticaal, hellen bij links naar boven gerigte links, bij links naar beneden gerigte G A A regts over.

1°. Bij het rigten der G A A horizontaal ter linker zijde draait het oog alleen om de V A; dit geschiedt op het regteroog door R Jt, op het linkeroog door R E, terwijl de antagonisten verslapt worden en de overige spieren onveranderd blijven werken.

2°. Bij links naar boven gerigte G A A hellen de V M M links. Stellen wij de G A A naar boven en 20° links gerigt, dan werkt op het linkeroog R S loodregt op de H A. Werkte deze spier alleen, dan zou de V M dus verticaal blijven; daar hij naar de linkerzijde overhelt, kunnen wij met zekerheid besluiten, dat de O S tevens werkt.

Op het regteroog werkt R S onder 50° op de H A, onder 40° op de G A. Deze spier alleen zou dus de V M M 40° ter zijde neigen, terwijl de G A A 50° naar boven gerigt worden. Zoo sterk hellen zeker de V M M niet. Wij kunnen dus met zekerheid besluiten, dat ook op het regteroog de O J werkzaam is, en hier de draaijing om de G A door R S gedeeltelijk opheft, terwijl hij op beide oogen het naar boven rigten der G A A bevordert.

3°. Bij links naar beneden gerigte G A A hellen de V M M regts. Stellen wij de G A A naar beneden en weder 20 links gerigt, dan werkt op het linkeroog de R J f loodregt op de H A. Werkte deze spier alleen, dan zou de V M thans verticaal blijven; daar hij regts overhelt, zoo moet tevens R S werken. Op het regteroog werkt R Jf onder gelijke hoeken op de H A en de G A, als in het vorige geval de R S. Op

denzelfden grond als daar besluiten wij, dat ook op het regteroog de OS de draaijing om de GA gedeeltelijk opheft.

Uit een en ander komen wij in verband met de voorgaande conclusiën tot het merkwaardig besluit:

Dat het als waarschijnlijk mag worden aangenomen, dat, wanneer de oogen, bij naar boven of beneden gerigte gezigts-assen, door R E *en* R J t *om de* V A *naar de regter- of linkerzijde gedraaid worden, de absolute krachten, waarmede in het eerste geval* R S *en* O J, *in het tweede geval* R J f *en* O S *werken, op geen der beide oogen eenige verandering ondergaan, — dat alzoo de verhouding tusschen de genoemde* R R *en* O O, *bij evenwijdige gezigtsassen, respectievelijk onveranderd blijft* = 2,395,1; *en dat deze verhouding alleen verschilt naar de grootte van den horopter of den afstand waarop de* G A A *zich overkruisen, hetgeen zich voor elken graad wiskundig laat bepalen* (vergelijk 2°. *a*).

b en *c*. Bij het onderzoek naar de beweging der oogen is gebleken, dat bij voorovergebogen hoofd de V M M regts overhellen, wanneer de G A A naar de linkerzijde, vooral, wanneer ze tevens naar beneden gerigt zijn.

Stellen wij de G A A, bij voorovergebogen hoofd, naar boven en 20° links gerigt, dan hellen de V M M eenigzins regts over. Op het linkeroog werkt de R S nu loodregt op de H A en zou den V M verticaal doen blijven; daar hij regts neigt, zoo volgt ontegenzeggelijk, dat O S medewerkt, en des te sterker werkt, naarmate de G A A meer naar beneden gerigt worden. Op het regteroog werkt R S onder 50° op de H A, onder 40° op de G A en wel zoo, dat de V M hierdoor naar de linkerzijde zou overhellen. Om de V M op dit oog regtstandig te brengen, zou O I, die thans onder 35° op de G A, onder 55° op de H A

werkt, reeds grootere absolute kracht moeten uitoefenen, dan R S, namelijk = sin 40°: sin 35° = 1,121 : 1; en daar in het onderhavige geval de V M zelfs regts overhelt, zoo moet de werking van O I die van R S hier verre overtreffen.

Op beide oogen wordt bij voorovergebogen hoofd de spierwerking des te gemakkelijker, hoe minder men naar boven, hoe meer men naar beneden ziet. Dit blijkt uit het volgende:

Rigt men de G A A 20° links naar beneden, dan werkt op het linkeroog de O S in denzelfden zin op de H A als de R Jf en helpt de gezigtsas naar beneden rigten, terwijl hij de V M regts doet overhellen. Ziet men daarentegen op gelijke wijze naar boven, dan werken O S en R S als antagonisten op de H A, en het naar boven rigten der G A is hierom alsdan hoogst moeijelijk.

Op het regteroog de G A hierbij links naar boven rigtende, moet, zoo als wij zagen, de O J met buitengemeene kracht werkzaam zijn. Rigt men ze daarentegen naar beneden, dan werkt de R Jf onder 40° op de G A, onder 50° op de H A; eene werking, die op zich zelve voldoende is, om de G A naar beneden te rigten en den V M regts te doen overhellen, in welk geval de O J zelfs als antagonist op de G A zal moeten optreden.

Hieruit volgt 1°. *dat, bij voorovergebogen hoofd, de* G A A *links en, in betrekking tot het hoofd, naar boven gerigt worden: op het linker oog door krachtige werking van* R S, *geringere van* O S *en door* R E, — *op het regter oog door geringere werking van* R S, *buitengemeen krachtige werking van* O I *en door* R It; 2°. *dat de* G A A *op gelijke wijze naar beneden gerigt worden: op het linker oog door* R If *en* O S *en door* R E, — *op het regter oog door* R If, *met geringe werking*

van O S *en door* R It; 3°. *dat, bij voorovergebogen hoofd, de* G A A, *in betrekking tot het hoofd, alleen naar de linkerzijde, b. v.* 10°, *gerigt worden, zoodat de oogen juist om de* V A *draaijen: op het linker oog door* R E *en door sterke werking van* O S, *met geringe van* R S (= sin. 80°: sin. 25° = 2, 33: 1), *zoodanig, dat beiden elkander op de* H A *vernietigen en de* V M *regts overhelt, — op het regter oog door* R It *en door* O I *en* R If, *zoodat ze zich insgelijks op de* H A *vernietigen* (= sin. 45°: 30° = 1,414: 1).

d en *e*. Bij achterovergebogen hoofd hellen de V M M, bij het rigten der G A A naar de linker zijde, links over, vooral wanneer men ze tevens naar boven rigt.

Stellen wij de G A A bij achterovergebogen hoofd naar beneden en 20° links gerigt, dan hellen de V M M eenigzins links over.

Op het linker oog werkt de R If nu loodregt op de H A, en zou den V M verticaal doen blijven; daar hij links neigt, zoo besluiten wij, dat O I medewerkt, en des te sterker, hoe meer de G A naar boven gerigt wordt.

Op het regter oog werkt R If onder 40° op de G A, en wel zoo, dat de V M hierdoor naar de regter zijde zou overhellen. Om den V M op dit oog regtstandig te brengen, zou O S, die thans onder 35° op G A, onder 55° op de H A werkt, grootere absolute kracht moeten uitoefenen, dan R If, namelijk = sin. 40°: 35° = 1, 121: 1; en daar de V M zelfs links overhelt, zoo moet de werking van O S hierbij nog krachtiger zijn.

Terwijl wij zagen, dat bij voorovergebogen hoofd de spierwerking des te gemakkelijker wordt, hoe minder men naar boven, hoe meer men naar beneden ziet, heeft hier juist het omgekeerde plaats. Rigt men, bij achterovergebogen hoofd, de G A A 20° links *naar boven*, dan werkt

op het linker oog de O I in denzelfden zin op de H A als de R S, en helpt de G A naar boven rigten, terwijl hij den V M links doet overhellen. Rigt men hierbij de G A *naar beneden*, dan werken daarentegen, zoo als wij zagen, O I en R If als antagonisten op de H A, en het naar beneden rigten der G A is hierom alsdan hoogst moeijelijk.

Op het regter oog de G A bij achterovergebogen hoofd links naar beneden rigtende, moet, zoo als wij zagen, de O S met buitengemeene kracht werkzaam zijn, en die van R If verre overtreffen. Rigt men ze daarentegen naar boven, dan werkt R S onder 40° op de G A en onder 50° op de H A, eene werking, die op zich zelve voldoende is, om de G A naar boven te rigten en den V M links te doen overhellen, in welk geval O I zelfs als antagonist op de G A zal moeten optreden, daar de R S, onder 40° op dezelve werkende, den V M te veel links zou doen overhellen.

Hieruit volgt: 1°. *dat bij achterovergebogen hoofd de* G A A, *in betrekking tot het hoofd, links naar beneden gerigt worden: op het linker oog, door vrij krachtige werking van* R If, *geringere van* O I, *alsmede door* R E; *op het regter oog door geringe werking van* R If, *buitengemeen krachtige van* O S *en door* R It; 2°. *dat de* G A A *op gelijke wijze naar boven gerigt worden: op het linker oog, door* R S *en* O I, *alsmede door* R E, *op het regter oog door* R S, *met geringe werking van* O I *en door* R It; 3°. *dat de* G A A *op gelijke wijze eenvoudig naar de linker zijde bewogen worden, behalve door* R E *en* R It: *op het linker oog door* O I *en* R If, *op het regter oog door* O S *en* R S, *zoodat zij elkander in beide gevaller op de* H A *vernietigen*, *en de* V M M *links overhellen.*

Bij deze gevolgtrekkingen voegen wij nog deze, uit

onderlinge vergelijking van 3° *b*, *c*, *d* en *e* afgeleid:

Bij voorovergebogen hoofd werken, bij het naar boven en ter zijde zien, op dezelfde oogen de natuurlijke antagonisten der spieren, die bij achterovergebogen hoofd bij het naar beneden en ter zijde zien werken en omgekeerd; terwijl bij het eenvoudig ter zijde zien op dezelfde oogen, bij voorovergebogen hoofd, de natuurlijke antagonisten werken der spieren, die hierbij bij achterovergebogen hoofd werkzaam zijn. In het laatste geval werken dus op het linker oog bij voorovergebogen hoofd dezelfde spieren, die bij achterovergebogen hoofd op het regter oog werken en omgekeerd.

Eindelijk moeten wij nog met een enkel woord gewagen van al de bewegingen bij 3° vermeld, doch niet met evenwijdige, maar met convergerende G A A, wanneer deze, namelijk, op een nabijgelegen voorwerp gerigt zijn. Wij hebben gezien, dat het meer of minder convergeren der G A A zonder invloed is op den stand der nabeelden; het is niet zonder invloed op de spierwerking. Wij hebben dien invloed 2° *a* en *b* ontwikkeld en wiskundig bepaald, bij het regt naar boven en beneden rigten der G A A; hij is over het geheel geen andere bij het ter zijde naar boven en beneden rigten der G A A, zoodat wij dien invloed in het algemeen kunnen uitdrukken door de eenvoudige bepaling: *dat bij het naar boven rigten der* G A A *de werking voor den* R S *des te geringer voor den* O I *des te grooter wordt, hoe meer de* G A A *convergeren; en dat bij het ter zijde en naar beneden rigten der* G A A *de werking van den* R If *des te geringer, die van den* O S *des te grooter wordt, hoe meer de* G A A *convergeren.* Intusschen vereischen sommige gevallen, bepaaldelijk bij sterk (meer dan 20°) naar

eene zijde, en bij naar boven gerigte G A A met voorover-, en bij naar beneden gerigte met achterovergebogen hoofd, eene afzonderlijke berekening, die iedereen voor het bepaalde geval gemakkelijk doen kan, wanneer hij slechts in aanmerking neemt, dat de G A A bij het convergeren eene verschillende rigting hebben, terwijl de V M M eene gelijke helling behouden, zoodat bij de berekening op elk oog de stand van den V M voor eene verschillende rigting der G A A moet berekend worden.

Ik zou hiermede voor alsnu deze mededeelingen kunnen eindigen, wanneer ik het niet van gewigt achtte, op eenige hier en daar opgeteekende onnaauwkeurigheden opmerkzaam te maken, die den lezer moeijelijkheden konden opleveren. Van polemiek kon ik mij over het geheel onthouden, omdat elk mijner stellingen hare wiskundige bewijzen medebragt, en wat hiermede in strijd was, alzoo geene weêrlegging scheen te behoeven. Hueck's meening, dat de V M M bij zijdelingsche overhelling van het hoofd verticaal blijven, en dat hierin de verrigting der schuinsche spieren bestaat, was na Ruete's opmerking reeds vervallen; en toch, — het gevoelen van Hueck was niet uit de lucht gegrepen Het was gegrond op hetgeen hij eene daadzaak noemde, door velen als zoodanig bevestigd (door Tourtual voor een streepje op de iris), dat, namelijk, de rigting van kleine bloedvaatjes bij zijdelingsche overhelling van het hoofd, terwijl de G A A op hetzelfde punt gerigt blijven, onveranderd blijft. En deze daadzaak was niet toegelicht noch als daadzaak weêrlegd. Ik zeg meer, zij is volkomen juist, — onder één beding, — dat men, namelijk, bij het neigen van het hoofd naar den linker schouder, hetzelve tevens voorover, bij het neigen naar den regter schouder, tevens achterover buigt. Een verticaal vaatje

zal links overhellen, wanneer men het hoofd naar de linker zijde neigt; het zal regts neigen, wanneer men het hoofd voorover buigt; tusschen deze beide rigtingen in compenseren zich de afwijkingen der V M M en blijven verticaal. Zie daar de eenvoudige toelichting van Hueck's gronden.

Hoewel ik nog niet bepaald heb, hoe veel het maximum van omdraaijing van het oog om de G A bedraagt, meen ik reeds te mogen aannemen, dat Hueck's bepaling van $57^1/_4{}^\circ$ te veel is. Hij grondt zich op de bewegelijkheid van 5,5‴ van de pees van O S in zijne slijmscheede, en brengt bij zijne berekening de verkorting geheel op de G A over, waarop zij zij slechts onder 55° werkt, zoodat zijne uitkomst, langs den ontleedkundigen weg verkregen, met sin. 55° = ongeveer 0,82 te vermenigvuldigen is, en op iets minder dan 47° komt.

Meerdere onnaauwkeurigheden, die meer bepaald tot ons onderwerp betrekking hebben, bevatten *das Ophthalmotroop* en het physiologisch gedeelte van het *Lehrbuch der Ophthalmologie* van Ruete (waaraan de eerste figuur ontleend is), welk laatste ik, bij de Nederduitsche bewerking, van deze en andere gebreken met te meer zorg heb trachten te zuiveren, naarmate het pathologisch gedeelte zich zoo voordeelig boven de meeste werken over oogheelkunde onderscheidt.

Onder die onnaauwkeurigheden bepaal ik mij tot drie kardinalen:

1°. Een verzuim van analyse van de krachten der spieren op de drie verschillende assen, waardoor het aandeel der schuinsche spieren in het naar beneden en boven rigten der G A A wordt over het hoofd gezien, en ten onregte geheel onbeperkt de stelling wordt uitgesproken, dat de regte spieren de rigting der G A A bepalen, de schuinsche de draaijing om de G A A.

2°. Dat bij het rigten der G A A evenwijdig naar onder de R Jf en O J werken. Wij hebben gezien, dat de O S hierbij met R Jf werkzaam is, terwijl O J integendeel verslapt is.

3°. De geheele leer der spierwerking op beide oogen bij ter zijde gerigte G A A, zoo wel regts naar boven en beneden, als links naar boven en beneden, is door Ruete onjuist voorgedragen. Zoo zouden hierbij de beide O O te gelijk werken. Wij hebben gezien, dat O S en O J zoo wel op de H A als op de G A antagonisten zijn; zij zouden dus elkander op de beide assen vernietigen, en zonder invloed blijven én op den stand der V M M, én op de bewegingen van het oog.

Er hebben zich aan mij nog twee gezigtspunten opgedaan, die welligt eene nadere beschouwing niet onwaardig zijn. Het eerste is met een enkel woord aangestipt en betreft de grenzen der mogelijkheid, om door spierwerking de V M M evenwijdig te houden, in betrekking tot de grenzen van direct zien, door neus, neusknobbel enz. Het tweede is de beoordeeling van den stand der voorwerpen en van dien onzes ligchaams uit de beelden op het netvlies en de spierwerking. Op beiden kom ik welligt nader terug.

NASCHRIFT.

Nadat het bovenstaande reeds grootendeels was afgedrukt, en ik mij intusschen nader met het bepalen der hoeken van afwijking bij verschillende standen van het hoofd bezig hield, is het mij gelukt de wet dier afwijking te vinden. Zij maakte alle verdere bepalingen overbodig, daar zich voor elken stand van het hoofd het verschil van afwijking uit de gevondene wet a priori wiskundig laat afleiden.

De wet is deze:

De V M M *blijven, bij ter zijde gerigte* G A A, *niet verticaal, tenzij het hoofd verticaal geplaatst is; maar zij liggen, bij eenvoudige draaijing om de* V A *door* R E *en* R It, ALTIJD *in hetzelfde vlak met lijnen, die evenwijdig zijn aan de lijn — welke bij regt naar voren gerigte* G A A *in de* V M M *valt – in een vlak, dat evenwijdig is aan de helling van het hoofd.* Om zich deze stelling te verzinnelijken, hange men eenige linten loodregt op gelijke afstanden digt voor een hellend vlak, en trekke op hetzelve evenwijdige lijnen, namelijk, achter elk lint eene lijn, die met het lint in een vlak ligt, loodregt op het hellend vlak. Plaatst men zich nu regt voor het middelste lint, dan ziet men dat dit lint de streep, die er achter ligt, bedekt; doch rigt men de G A A naar een der andere linten, dan ziet men de streep naast het verticale lint. Op gelijke wijze als de genoemde strepen verhouden zich de V M M, tot de loodlijnen, wanneer het hoofd eene gelijke helling heeft, als hier het hellend vlak. Het bewijs levert eene wijziging der voorgestelde proef. Men neige het hoofd zoodanig, dat het gelijke rigting heeft met het hellend vlak, en late alleen het middelste gekleurde lint hangen. Bij het ter zijde rigten der G A A vallen de nabeelden van het verticale lint juist in de evenwijdige strepen op het hellend vlak. Al de proeven, boven medegedeeld, omtrent den invloed van de houding des hoofds op den stand der nabeelden, vinden hare verklaring in de gevondene wet, en worden door dezelve geëikt.

In het berekenen der spierwerking heb ik echter eene omissie ontdekt, die eene herziening vordert voor die gevallen, waar R E en R It mede in het spel komen, zonder dat de verticale as verticaal is. In dit geval moet ook de kracht dezer spieren op de verschillende assen ontbonden worden, hetgeen

de berekening wel eenigzins compliceert, maar niets minder uitvoerbaar maakt. Ik heb mij voorgesteld tabellen te leveren van de hoeveelheid van werking van elke oogspier bij alle mogelijke bewegingen; welligt zullen hieruit wetten voortvloeijen, eenvoudiger, dan wij ons bij deze zamengestelde analyse konden voorstellen. Zoo de gelegenheid zich opdoet, hoop ik mijne berekeningen alsdan te gronden op eigene bepalingen van de rigting der verschillende spieren, die ik thans eenvoudig aan RUETE ontleend heb, hoewel deze niet geheel met die van anderen overeenstemmen.

